

अंकुरण का खोजबीन आधारित अध्ययन

धन्या के.

वैज्ञानिक खोज की प्रक्रिया से विद्यार्थियों का परिचय कराने के लिए हम विज्ञान की प्रयोगशाला का उपयोग कैसे कर सकते हैं? हम उनको अपने स्वयं के प्रयोगों का निर्माण करने और उन्हें संचालित करने के लिए प्रोत्साहित कैसे कर सकते हैं? क्या खोज के माध्यम से विद्यार्थी अपने सहपाठियों के साथ सहयोग करते हुए उनसे सीख सकते हैं?

विज्ञान प्रयोगशाला का उद्देश्य क्या होता है? बच्चे प्रायः प्रयोगशाला को परखनलियों, लेंस, सफ़ेद कोट और शायद कंकालों से भी जोड़कर देखते हैं और कई शिक्षक प्रयोगशाला को ऐसे स्थान के रूप में देखते हैं जहाँ विद्यार्थियों के सामने प्रयोगों को तयशुदा चरणों में प्रस्तुत किया जाता है। लेकिन क्या होगा यदि प्रयोगशाला का उपयोग विद्यार्थियों को खोज करने और प्रयोग करने का परिचय देने के लिए किया जाए? क्या होगा यदि विद्यार्थियों को इसके लिए प्रेरित किया जाए कि वे स्वयं अपनी परिकल्पना विकसित करें, स्वयं प्रयोग बनाएँ, ऐसे प्रयोगों के परिणामों का अवलोकन करें, पूर्वानुमान करें और निष्कर्ष निकालें, अप्रत्याशित परिणामों से निपटना सीखें और अपने परिणामों को सहपाठियों के साथ साझा करें?

मैंने एक विज्ञान प्रयोगशाला का उपयोग कक्षा-9 के विद्यार्थियों में बीजों के अंकुरण की अवधारणा के इर्द-गिर्द खोज-आधारित अधिगम सुगम बनाने के लिए किया।

इस तरह के सीखने में विद्यार्थी कुछ चीज़ों में संलग्न होकर वैज्ञानिकों के समान काम करते हैं : *"समस्या पहचानने, प्रयोगों की समीक्षा करने और विकल्पों के बीच भेद करने, अन्वेषण का नियोजन करने, अटकलों पर अनुसन्धान करने, जानकारी की खोज करने, मॉडल्स निर्मित करने, सहपाठियों के साथ वाद-विवाद करने और सुसंगत तर्क विकसित करने की एक सोची-समझी प्रक्रिया।"* इसमें यह भी आवश्यक होता है कि शिक्षक कक्षा में एक आगमनात्मक, विद्यार्थी-केन्द्रित और सहभागितापूर्ण तरीक़ा अपनाए। लिहाज़ा, बीजों के अंकुरण से सम्बन्धित मॉडयूल की रचना इस प्रकार की गई कि विद्यार्थी छोटे-छोटे समूहों में बँटकर आपस में सहयोग करते हुए :

- बीजों के अंकुरण को प्रभावित करने वाले कारकों की छानबीन करने के लिए प्रयोगों का निर्माण और संचालन करें।

बॉक्स-1 : परिचय सत्र के लिए प्रश्न

मैं प्रायः परिचय कक्षा को ऐसे प्रश्नों से शुरू करती हूँ :

- अंकुरण का मतलब क्या होता है?
- बीज अंकुरित कैसे होते हैं?
- यदि मैं बीज को टेबल पर रख दूँ (मैं टेबल की ओर इशारा करती हूँ) तो क्या वह बढ़ेगा या अंकुरित होगा?
- बीज के अंकुरण के लिए क्या ज़रूरी होता है?
- क्या आप उन सब कारकों या परिस्थितियों की सूची बना सकते हैं जो अंकुरण के लिए आवश्यक होती हैं?

- प्रयोगों के परिणामों का अवलोकन करके उन्हें कक्षा के सामने सहपाठियों के सामने समीक्षा के लिए प्रस्तुत करें।

अंकुरण से परिचय

मैं परिचयात्मक कक्षा की शुरुआत अंकुरण से सम्बन्धित कुछ प्रश्नों से करती हूँ और विद्यार्थियों से कहती हूँ कि वे उन परिस्थितियों या कारकों की सूची बनाएँ जो अंकुरण के लिए आवश्यक होते हैं (**देखें बॉक्स-1**)।

इस अभ्यास के द्वारा विद्यार्थियों ने पूर्व की कक्षाओं में और वास्तविक जीवन में अंकुरण के बारे में जो सीखा और समझा है वह निकलकर आता है। उदाहरण के लिए, विद्यार्थी प्रायः पानी, धूप, मिट्टी, पोषक पदार्थ या खाद, तापमान और हवा या ऑक्सीजन का नाम लेते हैं।

इस अभ्यास से ग़लत धारणाओं की पहचान करने में भी मदद मिलती है। जैसे विद्यार्थी इस बात का आग्रह कर सकते हैं कि बीज धूप, मिट्टी या खाद के अभाव में अंकुरित हो ही नहीं सकते। मैं हरेक विशिष्ट कारक को बोर्ड पर सूचीबद्ध कर देती हूँ लेकिन इस बात का ध्यान रखती हूँ कि पके-पकाए उत्तर या उनके विचारों को दिशा न दी जाए। इसकी बजाय, मैं विद्यार्थियों को 'ग़लती' करने देती हूँ (**देखें बॉक्स-2**)। इसका मतलब है कि मैं विद्यार्थियों द्वारा सुझाए गए किसी भी कारक को छोड़ती नहीं हूँ और उन्हें इस बात के लिए प्रेरित करती हूँ कि वे आगामी चरणों में हर कारक की छानबीन करें। अलबत्ता, मैं उन्हें पाठ्यपुस्तक या इंटरनेट देखकर अपने उत्तर में परिवर्तन की अनुमति देती हूँ, बशर्ते कि वे परिवर्तन का तार्किक कारण दे सकें और पूरी कक्षा उससे सहमत हो। इस परिचय के लिए मैं क़रीब 30 मिनट का समय देती हूँ।

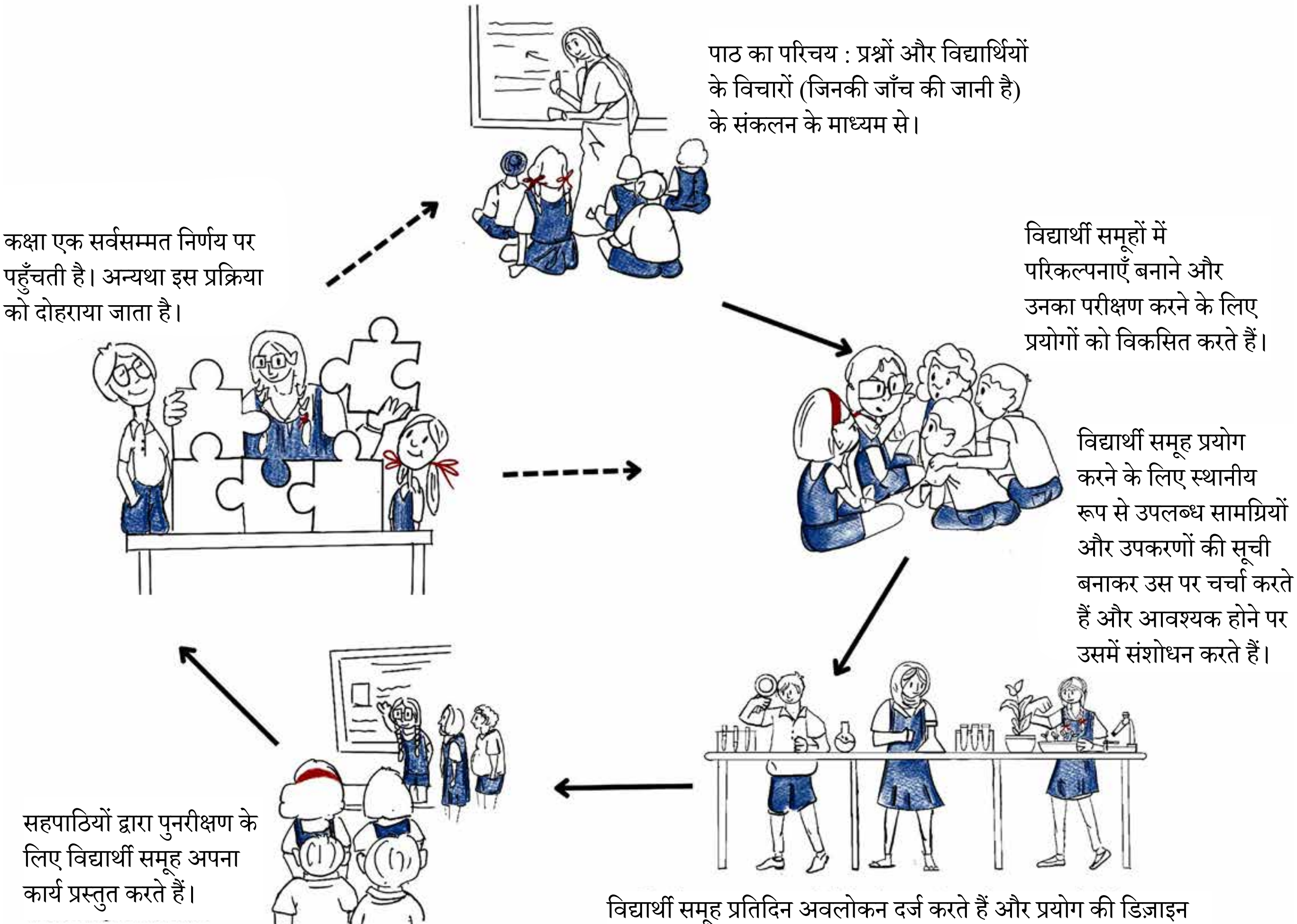
सहयोगी खोज की शुरुआत करना

अध्याय के इस भाग के लिए मैं कक्षा को छोटे-छोटे समूहों में बाँट देती हूँ (प्रायः 3-4 विद्यार्थियों के)। समूहों की कुल संख्या और हर समूह की संख्या, कक्षा की संख्या और बोर्ड पर लिखी अंकुरण के लिए आवश्यक परिस्थितियों की संख्या पर निर्भर होगी। मैं काग़ज़ की अलग-अलग पर्चियों पर उन सब परिस्थितियों को लिख देती हूँ जो अंकुरण के लिए सुझाई गई थीं और फिर इन सब पर्चियों को एक डिब्बे या कटोरे में रखकर मिला देती हूँ। जब सब विद्यार्थी समूहों में बैठ जाते हैं तब हर समूह का एक सदस्य एक पर्ची उठाता है। उसके समूह को प्रयोग के द्वारा यह छानबीन करनी होती है कि उस पर्ची पर लिखे कारक की अंकुरण में क्या भूमिका होती है। इससे यह सुनिश्चित हो जाता है कि बोर्ड पर लिखी हर परिस्थिति, जिसमें 'ग़लत' (या वे जिनके बारे में पता है कि उनका अंकुरण पर कोई प्रभाव नहीं होता) भी शामिल होती हैं, का परीक्षण कक्षा के कम-से-कम एक समूह द्वारा हो जाए।

हर समूह के अपने निर्धारित स्थान पर बैठ जाने के बाद मैं उनकी छानबीन के लिए एक कार्य शृंखला साझा करती हूँ (**देखें चित्र-1**)। मैं समूह के सदस्यों को विस्तार में बताती हूँ कि वे कैसे मिल-जुलकर, जिस कारक की अंकुरण में भूमिका का परीक्षण करना चाहते हैं, उसके लिए एक परिकल्पना बनाकर उसका परीक्षण करें। यह काम वे प्रयोग बनाकर और उसे करके करेंगे। मैं इस पर ज़ोर देती हूँ कि उन्हें ऐसे सरल प्रयोग बनाना है जिन्हें स्कूल की प्रयोगशाला में उपलब्ध रसायनों और उपकरणों से किया जा सके। हर समूह से अपेक्षा होती है कि वह मुझे अपनी योजना की संक्षिप्त रूपरेखा और अपना प्रयोग करने के लिए आवश्यक सामग्री की सूची दे।

बॉक्स-2 : ग़लतियों का महत्त्व

प्रायः हमें सिखाया जाता है कि इतनी सावधानी से काम करें कि कोई ग़लती नहीं हो और यदि ग़लती होती है तो उसे छुपाएँ। हमें इसके उलट धारणा बनाना चाहिए। हमें ग़लतियाँ करने और उनका जश्न मनाने की आदत को प्रोत्साहन देना चाहिए। क्यों? क्योंकि ग़लतियाँ सीखने की प्रक्रिया का एक महत्त्वपूर्ण भाग होती हैं और सीखने वाले के रूप में हमारी प्रगति को सम्भव बना सकती हैं। उदाहरण के लिए, ग़लती करने पर हमें यह अवसर मिलता है कि हम रुकें और विचार करें कि असफल प्रयास से जो ज्ञान और स्पष्टता प्राप्त हुई है उसकी सहायता से अगले प्रयास को बेहतर कैसे बना सकते हैं। इस प्रकार, हमें न केवल उसी ग़लती को नहीं दोहराने की सीख मिलती है, बल्कि हमें एक सीखने वाले के रूप में अपने अन्दर एक सूझ-बूझ भी प्राप्त होती है। इन कारणों से शिक्षकों के लिए यह महत्त्वपूर्ण हो जाता है कि वे ग़लतियों को स्वीकार करें (विद्यार्थियों की और स्वयं की भी), कक्षा में खुले रूप से स्वीकार करें और सक्रिय रूप से उन अधिगम सम्भावनाओं का पता लगाएँ जो नई प्रकार की ग़लतियों का मार्ग खोलती हैं।



चित्र-1 : पाठ की कार्य शृंखला

प्रयोगशाला में काम करने के इस तरीक़े की नवीनता के कारण विद्यार्थियों की ओर से कई प्रश्न आते हैं : "क्या हम समूह में तय किया गया कोई भी प्रयोग कर सकते हैं?'' "क्या हम पुस्तकें देख सकते हैं?'' "प्रयोग करने के लिए हमें कितना समय मिलेगा?''

शंका समाधान किए जाने के बाद हर समूह अपने द्वारा बनाई गई परिकल्पना और उसके परीक्षण के लिए आवश्यक प्रयोग पर चर्चा शुरू करता है। प्रयोगशाला एक हंगामेदार और शोर-शराबे से भरी हुई जगह में बदल जाती है, बीच-बीच में ज़ोरदार वाद-विवाद होने लगते हैं, विद्यार्थी विचार प्राप्त करने के लिए संसाधन और पाठ्यपुस्तकें तलाशते इधर-उधर भागते रहते हैं। अपनी सोच और विचारों पर बहस करते हुए विद्यार्थियों को सुनते हुए कक्षा में टहलना एक सुखद अनुभव होता है। कभी-कभी कक्षा बहुत हंगामेदार हो जाती है या विद्यार्थी ऐसे बिन्दु पर अटक जाते हैं जहाँ से वे आगे नहीं बढ़ पाते हैं। या किसी समूह के सदस्य ऐसे विषय पर आपस में बतियाने लगते हैं जो उनके प्रयोग से सम्बन्धित नहीं है। ऐसे बिरले अवसरों पर मैं विद्यार्थियों का मार्गदर्शन करने और एक समूह के रूप में अपने विचारों को व्यवस्थित करने के लिए एक वर्कशीट का उपयोग करती हूँ (**देखें गतिविधि शीट-1**)।

इस सत्र के अन्त तक हर समूह अपनी योजना बना लेता है और मेरे साथ साझा करता है। मैं उनकी योजनाओं में सुधार करने से बचती हूँ ताकि उनकी सीखने की क्रिया में बाधा नहीं पहुँचे। फिर भी मैं उनकी योजना के कुछ पहलुओं को चुनौती देती हूँ, जैसे किसी समूह द्वारा माँगे गए कोई रसायन या उपकरण। उदाहरण के लिए, मैं यह पूछ सकती हूँ, "आपको इस उपकरण की आवश्यकता क्यों है?" "आपको काँच के बीकरों की आवश्यकता क्यों है?" "आपको नल के पानी के स्थान पर आसुत जल क्यों चाहिए?" "आपको क्यों लगता है कि मिट्टी काली की बजाय लाल होना चाहिए?" "आपको क्यों लगता है कि मिट्टी चिकनी नहीं होनी चाहिए?" इस चर्चा के माध्यम से हम जीवशास्त्र की प्रयोगशाला में उपलब्धता के आधार पर सामग्री और उपकरणों के बारे में तय करते हैं। अधिकांश समय विद्यार्थियों को प्रयोग के लिए आवश्यक रसायनों या सामग्रियों के विकल्प खोजने के लिए प्रोत्साहित किया जाता है। कभी-कभार ही उन्हें अपने प्रयोग को फिर से बनाना पड़ता है। कक्षा के अन्त

बॉक्स-3 : ग़लतियों से सीखना

मैंने ऐसे कई उदाहरण देखे जहाँ विद्यार्थी अपनी स्वयं की ग़लतियों से सीखते हैं। एक समूह जिसने अपना प्रयोग एक ही बीज से शुरू किया था; जब वह अकेला बीज अंकुरित ही नहीं हुआ तो समूह ने अपना नमूना बड़ा करना सीखा। दूसरा समूह अपने प्रयोग में कंट्रोल शामिल करना भूल गया था और सहपाठियों के साथ चर्चा के दौरान उसे यह समझ में आया कि इससे परिणामों की व्याख्या करने पर क्या प्रभाव पड़ा।

प्रायः जो समूह अंकुरण पर तापमान या हवा के प्रभाव का अध्ययन कर रहे होते थे, वे बीजों को पानी देने में चूक जाते थे। ऐसे समूहों ने नियमित रूप से पानी देने के महत्त्व को तब समझा जब उन्हें वे परिणाम नहीं मिले जिनकी वे अपेक्षा कर रहे थे। यहाँ तक कि जो विद्यार्थी पाठ्यपुस्तक में दी गई विधि के अनुसार कार्य करते थे, उन्हें भी अनसोचे परिणाम देखने को मिलते थे, जैसे बीजों पर फफूँद का उगना। इस अनुभव से उन्हें रुकने और अपनी पाठ्यपुस्तकों को फिर से अधिक ध्यानपूर्वक पढ़ने में मदद मिली। कुछ विद्यार्थी कुछ सामग्रियों के उपयोग का युक्तिसंगत उत्तर नहीं दे पाए जैसे रूई का उपयोग, जिसका उल्लेख पाठ्यपुस्तक में दी गई प्रयोग-विधि में किया गया था। जब इस सामग्री की आवश्यकता पर सवाल उठाए गए तब इन विद्यार्थियों ने परिकल्पना बनाई कि रूई अंकुरण के लिए आवश्यक हो सकती है। इसके परीक्षण के लिए उन्होंने एक प्रयोग बनाया जिसमें बिना रूई के पानी में रखे बीजों के अंकुरण की तुलना रूई के साथ पानी में रखे बीजों के अंकुरण के साथ की गई।

पहली बार करते समय मेरी एक ग़लती यह रही कि मैंने यह मान लिया था कि विद्यार्थी लगनपूर्वक अपने दैनिक अवलोकन दर्ज करेंगे, मैंने इस काम के लिए बीच की छुट्टी के दौरान का समय तय किया था लेकिन विद्यार्थी प्रायः भूल जाते थे। मैंने पाया कि उन्हें नियमित रूप से याद दिलाने से इस समस्या का हल निकलता था। अगली बार मैंने अवलोकन दर्ज करने का एक प्रारूप बनाकर उसे हर बेंच पर रखा (**देखें गतिविधि शीट-2**)। इस शीट से विद्यार्थियों को नियमित रूप से अवलोकन दर्ज करने में सहायता मिली और हर समूह की प्रगति की नियमित निगरानी करने में मुझे भी सहायता मिली।

तक हर समूह अपनी अन्तिम योजना और प्रयोग के लिए आवश्यक सामग्री की सूची प्रस्तुत करता है। मॉडयूल के इस चरण के लिए मैं 40-60 मिनट का समय देती हूँ।

प्रश्नों और विद्यार्थियों से विचारों (जिनकी जाँच की जानी है) के संकलन के माध्यम से परिचय विद्यार्थी समूहों में परिकल्पनाएँ बनाने और उनका परीक्षण करने के लिए प्रयोगों को विकसित करते हैं।

विद्यार्थी समूह प्रयोग करने के लिए स्थानीय रूप से उपलब्ध सामग्रियों और उपकरणों की सूची बनाकर उस पर चर्चा करते हैं और आवश्यक होने पर उसमें संशोधन करते हैं।

विद्यार्थी समूह प्रतिदिन अवलोकन दर्ज

बॉक्स-4 : प्रयोग के खोजबीन-आधारित तरीक़े से सीखना

चूँकि प्रयोग करने के इस तरीक़े से विद्यार्थियों को करने के स्वयं के अनुभव से सीखने का अवसर मिलता है, सीखना अधिक सक्रिय होता है और वे ग़लतियों के लेकर अधिक सहनशील हो जाते हैं। इन कारकों से व्यवहार में एक परिवर्तन होता हुआ दिखाई पड़ता है। मुझे विद्यार्थियों में अधिक उत्साह और सहभागिता दिखाई दी, उन विद्यार्थियों में भी जो अन्यथा सहभागी नहीं होते थे। उदाहरण के लिए, विद्यार्थी अपने प्रयोग की जमावट की निगरानी को लेकर जिज्ञासु और उत्साही थे। वे अपने सहपाठियों और शिक्षकों के साथ अपने प्रयोगों के बारे में सोच और विचारों पर चर्चा करने के लिए अधिक इच्छुक दिखे। वास्तव में, वे उनके प्रयोग की प्रगति के बारे में चर्चा करने के लिए या भूल सुधार के लिए मुझे स्कूल में ढूँढ़ते थे। उनमें अपनी ग़लतियों के बारे में चर्चा करने में कम हिचकिचाहट भी दिखी।

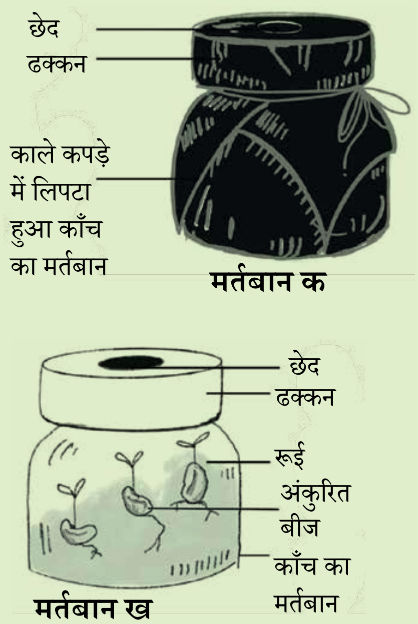
सहपाठियों के साथ काम करना का सीखने पर सकारात्मक प्रभाव पड़ता हुआ भी दिखाई दिया। उदाहरण के लिए, जो विद्यार्थी इनक्युबेटर या वॉटरबाथ जैसे उपकरणों का पहली बार उपयोग कर रहे थे वे अपने अनुभवों को अन्य विद्यार्थियों के साथ साझा करने को उत्सुक थे। इससे सहपाठियों द्वारा सीखने-सिखाने के कई अवसर आए। यह देखना भी रोचक था कि विद्यार्थी कैसे अपनी विशिष्ट आवश्यकताओं के लिए अन्य विभागों के शिक्षकों से बातचीत की पहल करते थे। ऐसा करते समय वे प्रायः अन्य प्रयोगशालाओं या विभागों को अपने प्रयोग के लिए आवश्यक सामग्री की खोज में उलटा-पुलटा करते थे। उदाहरण के लिए प्रकाश के साथ प्रयोग के लिए काला खोका भौतिकशास्त्र विभाग से लिया गया, ऑक्सीजन की भूमिका का अध्ययन करने के लिए रसायनशास्त्र विभाग से पायरागॅलॉल लिया गया और खेल विभाग से टाइमर्स लिए गए।

बॉक्स-5 : प्रस्तुतिकरण के स्वरूप में भिन्नता

कभी-कभी मैं विद्यार्थियों को बाज़ारनुमा गतिविधि के लिए आमंत्रित करती थी। इसमें हर समूह से यह अपेक्षा की जाती है कि वह एक दुकान लगाए और अपने प्रयोग और परिणामों का प्रदर्शन करे। एक सदस्य दुकान पर रहता है और 'दुकानदार' की तरह काम करता है अन्य सदस्य 'ग्राहकों' के समान कार्य करते हैं और 'बाज़ार' में जाकर अन्य दुकानों से जानकारी इकट्ठी करते हैं। हर दुकानदार से अपेक्षा की जाती है कि वह समूह के कार्य और परिणामों को प्रस्तुत करे। उनसे यह भी अपेक्षा की जाती है कि वे अन्य समूहों के ग्राहकों द्वारा पूछे गए प्रश्नों के उत्तर दें। ग्राहकों से यह अपेक्षा की जाती है कि वे अन्य समूहों के द्वारा किए गए प्रयोगों के सभी पहलुओं पर नोट्स बनाएँ। गतिविधि के अन्त में हर समूह के सदस्य अपनी-अपनी दुकान पर इकट्ठे हो जाएँ। जिन सदस्यों ने ग्राहकों के रूप में काम किया था वे बारी-बारी से समूह के अन्य सदस्यों के साथ अपने अनुभव साझा करते हैं। हर विद्यार्थी से अपेक्षा की जाती है कि वह अपनी कक्षा के द्वारा किए गए सभी प्रयोगों से अंकुरण के बारे में जो सीखा है उस पर एक व्यक्तिगत प्रतिवेदन प्रस्तुत करे।

बॉक्स-6 : मूल्यांकन प्रश्न का एक उदाहरण

एक जैसे दो मर्तबानों **क** और **ख** में अमन ने तीन-तीन बीज रखे। दोनों मर्तबानों में गीली रूई की समान मात्रा की पर्त बिछाई गई थी। **क** मर्तबान को काले कपड़े में लपेटा गया था जबकि **ख** मर्तबान को नहीं लपेटा गया था। दोनों मर्तबानों को बग़ीचे में रख दिया गया था (**देखें चित्र-2**)।



चित्र-2 : प्रयोग की जमावट।

निम्नलिखित प्रश्नों के उत्तर दीजिए :

(क) अमन इस प्रयोग से क्या खोजने का प्रयास कर रहा था?

(ख) कौन-से डिब्बे में बीज का अंकुरण होगा? अपने उत्तर का कारण दीजिए।

(ग) दोनों मर्तबान के ढक्कन में छेद का क्या कार्य है?

प्रयोग करना और अवलोकनों को दर्ज करना

मैं प्रयोगशाला व्यवस्थित करने के लिए 1-2 दिन का समय लेती हूँ। इसमें विद्यार्थियों द्वारा प्रस्तुत की गई सामग्री की अन्तिम सूची के अनुसार हर समूह के लिए कार्य करने के लिए बेंच जमाना शामिल है। इससे यह सुनिश्चित हो जाता है कि विद्यार्थियों के प्रयोग के लिए प्रयोगशाला पूरी तरह सुसज्जित है।

इससे पहले कि समूह अपना-अपना प्रयोग शुरू करें, मैं काम की कुछ अपेक्षाएँ और दिशा-निर्देश और कक्षा के वातावरण में व्यवहार के बारे में कुछ बताती हूँ। उदाहरण के लिए, काँच की सामग्री, रसायनों और उपकरणों का उपयोग करते समय बरती जाने वाली सावधानियों के बारे में चर्चा करती हूँ, फिर अवलोकनों को दर्ज करने में सुसंगतता और प्रयोगशाला में व्यवहार के बारे में बताती हूँ। अगले कुछ सत्रों में, जब विद्यार्थी प्रयोग कर रहे होते हैं, मैं और प्रयोगशाला सहायक उनके कार्य का निरीक्षण करते हैं। हम एक खुला, विद्यार्थी-केन्द्रित वातावरण सुनिश्चित करते हैं जहाँ हम निर्देश नहीं दे रहे होते हैं किन्तु अवलोकन करते हैं और जहाँ ज़रूरी होता है वहाँ मदद करते हैं, जैसे इनक्युबेटर या वॉटरबाथ के उपयोग को लेकर, जिनका इस्तेमाल विद्यार्थी पहली बार कर रहे होते हैं। इस प्रकार, प्रयोगशाला सीखने का एक रोचक स्थान बन जाता है जहाँ विद्यार्थी अपनी स्वयं की ग़लतियों से सीखते हैं (**देखें बॉक्स-3**)।

हर समूह को प्रेरित किया जाता है कि वे प्रतिदिन अवलोकनों को दर्ज करने की ज़िम्मेदारी आपस में बाँट लें। हालाँकि इस बात पर ज़ोर दिया जाता है कि अवलोकन करते हैं और प्रयोग की डिज़ाइन की ख़ामियाँ खोजकर सुधार करते हैं।

सहपाठियों द्वारा पुनरीक्षण के लिए विद्यार्थी समूह अपना कार्य प्रस्तुत करते हैं।

कक्षा एक सर्वसम्मत निर्णय पर पहुँचती है। अन्यथा इस प्रक्रिया को दोहराया जाता है।

बॉक्स-7 : कुछ दिशा-निर्देश

यहाँ कुछ मोटे दिशा-निर्देश दिए जा रहे हैं जो उन शिक्षकों की मदद कर सकते हैं जो अपनी स्वयं की कक्षा या प्रयोगशाला में खोज-आधारित तरीक़े को अपनाने को उत्सुक हैं।

- परम्परागत शिक्षण पद्धतियों के विपरीत इस तरीक़े में अधिक समय लगता है। इसलिए खोज-आधारित पाठ के संचालन के लिए कम-से-कम 4-5 कक्षाओं का समय रखें।
- गतिविधि शुरू करने से पहले अपनी अपेक्षाएँ स्पष्ट कर दें - मिलकर काम करने के बारे में भी और आपस में समीक्षा और चर्चा के बारे में भी। बड़े समूहों में काम करने पर सहभागिता ग़ैर-बराबर हो सकती है और हो सकता है कि कुछ विद्यार्थी अधिक बढ़-चढ़कर काम करें इससे बचने के लिए मेरा सुझाव है कि समूह छोटे-छोटे बनाएँ और हर समूह में 5 से अधिक विद्यार्थी नहीं हों।
- विद्यार्थियों की प्रगति और समूहों में परस्पर क्रिया की नियमित निगरानी करते रहें।
- यद्यपि कुल मिलाकर सत्र की संरचना ढाँचाबद्ध है, फिर भी विद्यार्थियों के पूर्व ज्ञान का लाभ उठाते हुए विद्यार्थियों की जिज्ञासा को उकसाएँ और उनकी क्षमताओं के अनुसार उन्हें चुनौती दें।
- जब आप पहली बार इस तरीक़े को आज़माएँगे, तब ऐसा लगेगा कि कक्षा सामान्य से अधिक हंगामेदार हो गई है। आपको विद्यार्थियों के साथ जटिल और तार्किक बात कर पाना मुश्किल लग सकता है। आश्वस्त रहिए कि इस नई लय में रमने के लिए कक्षा और आपको समय और अभ्यास की आवश्यकता होती है।
- ऐसा वातावरण निर्मित करने में खुलापन रखिए जिसमें विद्यार्थियों को बिना परखे जाने और बिना असफलता के डर ग़लतियाँ करने के लिए प्रोत्साहन मिले। उन्हें विचार करने के लिए समय दीजिए।
- विद्यार्थियों के उत्तरों के प्रति 'सही' या 'ग़लत' शब्दों का उपयोग कम-से-कम कीजिए।
- इस तरीक़े का केन्द्र बिन्दु सीखने की एक प्रक्रिया है, न कि प्रयोगों के परिणाम। इसलिए विद्यार्थियों के कार्य का मूल्यांकन करने की विधि उसी प्रकार बदलनी होगी। इससे मूल्यांकन का दायरा योगात्मक प्रकार के कुछ प्रश्नों की बजाय रचनात्मक प्रश्नों के प्रसार तक होगा।

यथासम्भव नियमित रूप से किए जाएँ, लेकिन मैं यह सावधानी बरतती हूँ कि अवलोकन के लिए सूचनाएँ एवं निर्देश कम-से-कम दिए जाएँ। मैं ऐसे सुराग़ देने वाले प्रश्न पूछने से भी बचती हूँ जो उनका ध्यान प्रयोग के विशिष्ट पहलुओं की ओर आकर्षित कर दें। अवलोकनों को दर्ज करने के प्रति यह नियमित किन्तु ढीले-ढाले तरीक़े से विद्यार्थियों को उन स्वतःस्फूर्त अवलोकनों को दर्ज करने का मौक़ा मिलता है जो प्रयोग के दौरान उनके अनुभवों से उपजते हैं। उदाहरण के लिए, कुछ समूहों ने अवलोकन किया कि सभी बीज एक ही समय पर अंकुरित नहीं होते हैं। इसके फलस्वरूप उन्होंने नमूने का आकार बड़ा किया या उसी प्रयोग को अन्य बीजों के साथ दोहराया। इस तरीक़े से विचारों और प्रश्नों का अन्वेषण करने का अवसर मिलता है जो किए जा रहे प्रयोग से हटकर होते हैं। उदाहरण के लिए, मेरे एक विद्यार्थी ने सोचा कि क्या गुरुत्वाकर्षण की अंकुरण में कोई भूमिका होती है और इस सम्भावना का परीक्षण करने के लिए उसने एक भिन्न प्रयोग किया। कुल मिलाकर मुझे लगा कि प्रयोग करने की यह पद्धति विद्यार्थियों को सीखने में अधिक स्वतंत्रता देती है (**देखें बॉक्स-4**)। मैं विद्यार्थियों को लगभग 40-60 मिनट का समय प्रयोग को जमाने के लिए और प्रतिदिन 5-10 मिनट का समय अवलोकनों को दर्ज करने के लिए देती हूँ।

कक्षा में प्रस्तुतिकरण

मैं अन्तिम सत्र हर समूह को अपना काम पूरी कक्षा के समक्ष प्रस्तुत करने के लिए रखती हूँ। हर प्रस्तुतिकरण के लिए 15 मिनट से कम समय लगने की अपेक्षा होती है। प्रायः एक समूह के सदस्य बारी-बारी से अपने काम के विभिन्न पहलुओं को साझा करते हैं। उदाहरण के लिए, यदि कोई बोर्ड पर चित्र बनाता है तो दूसरा प्रयोग की जमावट को स्पष्ट करता है। उनको प्रायः प्रोत्साहित किया जाता है कि वे उन चुनौतियों को साझा करें जो काम के दौरान आई हों। शेष कक्षा से अपेक्षा होती है कि वे सक्रिय रूप से सुनें, विरोधाभासों की ओर ध्यान आकर्षित करें और सकारात्मक रूप से काम की समालोचना करें। मेरा अनुभव रहा है कि प्रस्तुतिकरण के दौरान प्रायः गरमा-गरम बहस और ठहाके भी होते हैं। प्रायः मैंने देखा कि विद्यार्थी अपने काम से प्राप्त सबूत का उपयोग किसी बिन्दु पर काफ़ी सफलतापूर्वक तर्क देने के लिए करते थे। ऐसा वे अपने स्वयं के समूह के दावे का बचाव करने के लिए करते थे या दूसरे समूह द्वारा प्रस्तुत विचार या निष्कर्ष का खण्डन करने के लिए करते थे (**देखें बॉक्स-5**)।

विद्यार्थियों के सीखने का मूल्यांकन

ऐसी प्रयोगशाला इकाइयों से विद्यार्थियों के अधिगम के मेरे मूल्यांकन के दो घटक होते हैं। एक घटक प्रयोगों से सम्बन्धित प्रश्नों पर आधारित उनके प्राप्तांक (**देखें बॉक्स-6**)। दूसरा घटक मेरे द्वारा किए गए हर विद्यार्थी के विवरणात्मक अवलोकनों का होता है जो उनके सामान्य व्यवहार, कक्षा में परस्पर क्रिया में उनके योगदान, उनके द्वारा रखे गए प्रयोगशाला अभिलेख और प्रस्तुतिकरण पर आधारित होता है। अगर सत्र के अन्त में इस प्रकार की विवरणात्मक रिपोर्ट लिखना चुनौती भरा हो तो एक सुगठित ढाँचे से मदद मिल सकती है।

चलते-चलते

सामान्यतः प्रयोगशाला कार्य का तरीक़ा यह होता है कि विद्यार्थियों को कहा जाता है कि वे किसी और के द्वारा निर्धारित प्रक्रिया सम्पन्न करें। इसके विपरीत, राष्ट्रीय शिक्षा नीति 2020 ज़ोर देती है कि 'शिक्षण प्रक्रिया शिक्षार्थी-केन्द्रित हो, जिज्ञासा, खोज, अनुभव और संवाद के आधार पर संचालित हो, लचीली हो और समग्रता और समन्वित रूप से देखने-समझने में सक्षम बनाने वाली और अवश्य ही रुचिपूर्ण हो।'

इस दिशा की ओर बढ़ने के लिए हमें अपनी कक्षाओं और प्रयोगशालाओं को ऐसे स्थानों में बदलना होगा जहाँ शिक्षक और विद्यार्थी मिलकर सीखते हैं और ग़लतियाँ करने को अधिगम का अभिन्न अंग माना जाता है। इस लेख में वर्णित खोज-आधारित प्रयोगशाला कार्य का उद्देश्य इस प्रकार के स्थान का निर्माण है (**देखें बॉक्स-7**)।

मैंने अंकुरण के सन्दर्भ में इस खोज-आधारित तरीक़े का उपयोग कक्षा-9 के विद्यार्थियों के पाँच वर्गों के साथ लगातार किया है। मैंने देखा कि इससे विद्याथियों को भ्रमित होने, ग़लतियाँ करने और अपने सहपाठियों के साथ बिना डरे प्रश्नों पर चर्चा करने में सहज होने में मदद मिलती है। यह विद्यार्थियों में जिज्ञासा और सक्रिय भागीदारी को बढ़ावा देने के अलावा वैज्ञानिक खोज के कौशल विकसित करने का अवसर प्रदान करती है। विद्यार्थी अपने आपको अधिगम के साथ किस प्रकार जोड़ते हैं, यह देखकर शिक्षकों को अपनी स्वयं की प्रयोगशला में इस तरीक़े को अपनाने में आने वाली चुनौतियों का सामना करने की प्रेरणा मिल सकती है।

मुख्य बिन्दु



- खोज-आधारित तरीक़े से प्रयोग करवाने से विद्यार्थियों में जिज्ञासा को बढ़ावा तो मिलता ही है, उन्हें विज्ञान के कामकाज के महत्त्वपूर्ण कौशलों का विकास करने में भी मदद मिलती है।
- ऐसा उचित स्थान मिलने पर, जो ग़लतियाँ करने और ग़लतियों से सीखने का उनका डर हटाता है, विद्यार्थी अपनी सीखने की प्रक्रिया में अधिक सक्रिय सहभागी बन जाते हैं।
- ऐसे सहयोगी वातावरण को बढ़ावा देने से जहाँ विद्यार्थी अपने सहपाठियों के साथ रचनात्मकता और स्वतंत्रता के साथ काम कर सकते हैं, उन्हें सक्षम बनाता है।
- इस तरीक़े से शिक्षकों और विद्यार्थियों को सीखने के परिणाम की बजाय प्रक्रिया पर ध्यान केन्द्रित करने का अवसर मिलता है।

Acknowledgments: I thank my students and my former colleagues for their enthusiasm and consistent support. I would also like to acknowledge Shreya Kedia's contribution to the illustrations accompanying this article. Lastly, I thank the editors and reviewers for their detailed feedback and suggestions to improve an earlier draft of this article.

Notes:

1. To know more about inquiry-based learning: Swan M, Pead D, Doorman M & Mooldijk A (2013). 'Designing and using professional development resources for inquiry-based learning'. ZDM, 45(7), 945–957. https://doi.org/10.1007/s11858-013-0520-8.
2. Additional reading for practitioners: Raghavan N (2019). 'The Reflective Learner: Seeing "Missed Takes" in Mistakes'. Notion Press Media Pvt Ltd.
3. Source of the image used in the background of the article title: An inquiry-based approach. Credits: Shreya Kedia. License: CC-BY-NC.

References:

1. PRIMAS. 'The PRIMAS project: Promoting inquiry-based learning (IBL) in mathematics and science education across Europe.' (2011, March 31). Retrieved on December 22, 2022, from https://primas-project.eu/wp-content/uploads/sites/323/2017/10/PRIMAS_Guide-for-Professional-Development-Providers-IBL_110510.pdf.
2. Dennett DC (2014b). 'Intuition Pumps and Other Tools for Thinking.' WW Norton & Company.
3. Ginnis P (2001). 'The Teacher's Toolkit: Raise Classroom Achievement with Strategies for Every Learner.' Crown House Publishing.



धन्या के. ने तंत्रिका आनुवंशिकी में पीएचडी प्राप्त की है और हाई स्कूल जीवविज्ञान शिक्षक के रूप में कार्य किया है। उनकी रुचि जीवविज्ञान को सहज और मज़ेदार बनाने और विद्यार्थियों को सक्रिय अध्येता बनने के लिए समर्थन देने में है। उनसे dhanyak2@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : अरविन्द गुप्ते **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** अनुज उपाध्याय

गतिविधि शीट-1 : बीजों के अंकुरण के लिए आवश्यक कारक या परिस्थितियाँ

दिनांक :

समूह के सदस्यों के नाम :

(क) आपके समूह की परिकल्पना :

सुराग़ : कोई कारक या परिस्थिति जो आपकी राय में बीज के अंकुरण के लिए आवश्यक है।

(ख) आपकी परिकल्पना के समर्थन में तर्क

सुराग़ : आप क्यों सोचते हैं कि आपने जिस कारक या परिस्थिति को सूचीबद्ध किया है वह बीज के अंकुरण के लिए आवश्यक है? कारण दीजिए।

(ग) आपकी परिकल्पना के परीक्षण के लिए विधि :

सुराग़ : आपने जिस कारक या परिस्थिति को बीज के अंकुरण के लिए सूचीबद्ध किया है उसके परीक्षण के लिए आप क्या प्रयोग बनाएँगे?

(घ) परीक्षण के लिए आवश्यक सामग्री और उपकरण :

सुराग़ : उन सभी सामग्रियों और उपकरणों की सूची बनाइए जो आपके द्वारा बनाए गए प्रयोग के लिए आवश्यक हों। हर प्रकार की सामग्री की सटीक संख्या का विवरण भी दीजिए। अपनी सूची को सावधानीपूर्वक जाँचिए, याद रखिए आपको बाद में सूची में परिवर्तन करने की अनुमति नहीं होगी जब तक कि आप परिवर्तन के लिए युक्तिसंगत कारण नहीं बता सकेंगे।

(च) अपेक्षित परिणाम :

सुराग़ : यदि आपकी परिकल्पना सही है तो आप अपने प्रयोग से किस परिणाम की अपेक्षा करते हैं?

सवाल

गतिविधि शुरू करने से पहले

प्रश्न 1 : आप बीजों के अंकुरण के बारे में क्या जानते हैं?

प्रश्न 2 : आप बीजों के अंकुरण के बारे में क्या जानना चाहते हैं?

गतिविधि करने के बाद

प्रश्न 3 : आपने बीजों के अंकुरण के बारे में क्या सीखा?

प्रयोगशाला रिपोर्ट लिखने के लिए दिशा-निर्देश :

परिचय : *यहाँ जानकारी दें कि आप अपनी विशिष्ट परिकल्पना का परीक्षण क्यों कर रहे हैं। इसका अन्त अपनी परिकल्पना और अपेक्षाओं का स्पष्ट विवरण देते हुए करें।*

विधियाँ : *इसका विस्तृत विवरण दें कि आपने प्रयोग कैसे किया, प्रयोग असफल होने की स्थिति में भी। यह विवरण इतना विस्तृत होना चाहिए कि कोई अन्य इसे पढ़ सके और प्रयोग को दोहरा सके।*

परिणाम और डाटा विश्लेषण : *यहाँ स्पष्ट रूप से बताएँ कि आपके परिणाम क्या थे (उन प्रयोगों के भी जो असफल रहे) और आपने डाटा को समझने के लिए क्या किया। यह भी बताएँ कि आपने प्रत्येक ग्राफ़ या तालिका कैसे और क्यों बनाई।*

निष्कर्ष : *परिणामों की अपनी व्याख्या (असफल प्रयोगों की भी) करें और अपने शोध के मुख्य निष्कर्ष बताएँ। यदि कोई स्पष्ट निष्कर्ष नहीं निकाले जा सके हैं, तो उल्लेख करें कि आपने अपने प्रयोग के डिज़ाइन में कैसे सुधार किया है। इस हिस्से में उन प्रयोगों का उल्लेख भी किया जा सकता है जो इस प्रयोग के माध्यम से प्राप्त ज्ञान और परिणामों के आधार पर भविष्य में किए जा सकते हैं।*

i wonder... Rediscovering school science

रचनाकार :
धन्या के. हाई स्कूल जीवविज्ञान शिक्षक हैं। उनसे dhanyak2@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : अरविन्द गुप्ते **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** अनुज उपाध्याय

Azim Premji University

विज्ञान शिक्षक काम पर
गतिविधि शीट-2 : अवलोकन शीट

उद्देश्य :

बीजों के अंकुरण में .... की भूमिका का परीक्षण करना।

समूह के सदस्य :

कार्य

समूह के सदस्य का नाम	कार्य	अवलोकन	दिनांक	समय	यहाँ हस्ताक्षर करें (दिया गया कार्य पूरा होने पर)

i wonder...
Rediscovering school science

रचनाकार :
धन्या के. हाई स्कूल जीवविज्ञान शिक्षक हैं। उनसे dhanyak2@gmail.com पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : अरविन्द गुप्ते **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** अनुज उपाध्याय

Azim Premji University